

实践教学

兰州理工大学

计算机与通信学院

2013 年秋季学期

计算机通信 课程设计

题目：(13, 9) CRC 冗余校验码的编译码仿真实现

专业班级: _____

姓 名:

学号:

指导教师:

成 绩：

摘要

在实际的通信系统中,由于信道传输特性不理想以及加性噪声的影响,传输的信息中不可避免地会发生错误,影响通信系统的传输可靠性。随着数字通信技术的发展,各种业务对系统误码率的要求也逐渐提高,采用差错控制编码技术是提高数字通信可靠性的有效方法之一。

差错控制编码就是在发送端的信息码元序列中,以某种确定的编码规则加入一些监督码元,使信息码元与监督码元之间具有某种相关性。接收端通过检验这种相关性是否存在来判断在传输过程中是否出现了误码。

本设计研究了CRC循环冗余校验码的原理,以及利用MATLAB对其进行了编程和编译仿真,实现了CRC循环冗余校验码的编码及校验,在接收端收到通过校验的码,从而确定传输过程是否出错,得到的结论和理论上是一致的。

关键词: 检错码 CRC 循环冗余校验码 MATLAB

目录

前言.....	3
一、基本原理.....	4
1.1 循环码的概念.....	4
1.2 循环码 333 数学特征	4
1.2.1. 线性分组码的封闭型.....	4
1.2.2. 循环性.....	4
1.3 循环冗余校验码 CRC.....	5
1.3.1 循环冗余校验码 CRC 的定义.....	5
1.3.2 编码规则.....	5
1.4 CRC 校验码的性质.....	5
1.5 差错编码的基本概念.....	5
1.6 差错编码的基本原理.....	6
1.7 差错控制编码的方式.....	7
1.7.1 前向纠错控制（FEC）方式.....	7
1.7.2 自动请求重发（ARQ）方式.....	7
1.7.3 混合纠错（HEC）方式.....	7
1.8 差错编码的特性和能力.....	8
1.8.1 海明距离.....	8
1.8.2 最小距离.....	8
1.8.3 最小距离与抗干扰能力之间的关系.....	8
1.9 循环冗余校验码（CRC）原理.....	8
二、系统分析.....	10
2.1 循环码（13,9）算法设定.....	10
2.2 循环码（13,9）编码算法分析.....	10
2.2.1 编码规则.....	10
2.2.2 编码算法.....	10
2.3 循环码（13,9）译码算法分析.....	10
2.4 CRC 冗余校验码的实现方法.....	11
2.4.1 CRC 校验的硬件实现.....	11
2.4.2 CRC 校验的软件实现.....	11
三、MATLAB 语言介绍.....	12
3.1 MATLAB 概述.....	12
3.2 MATLAB 系统组成.....	13
四、仿真过程及结果.....	14
4.1 程序流程图.....	14
4.2 MATLAB 的 CRC 编程.....	15
4.3 结果分析.....	18
五、心得体会.....	19
参考文献.....	20

前言

在数据通信过程中，衰减，失真和噪声会使通信线路上的信号发生错误。为了减少错误，提高通信质量，使得误码率达到要求，通常采用纠错，检错技术，即差错控制技术。

差错控制的主要方法是将数据以某种形式进行编码。以前经常采用的电子线路进行编码和差错控制，既复杂又麻烦，而且可靠性又比较低。在计算机通信网中，采用计算机技术进行编码和控制，既简单又方便，而且可靠性还比较高。因此，计算机的应用，使得通信技术得到了很大提升。不仅如此，随着计算机的应用，差错控制技术本身也得到了相应的发展。

一、基本原理

1.1 循环码的概念

循环码：无权码，每位代码无固定权值，任何相邻的两个码组中，仅有一位代码不同。

循环码是线性分组码中一个重要的分支。它的检、纠错能力较强，编码和译码设备并不复杂，而且性能较好，不仅能纠随机错误，也能纠突发错误。

循环码是目前研究得最成熟的一类码，并且有严密的代数理论基础，故有许多特殊的代数性质，这些性质有助于按所要求的纠错能力系统地构造这类码，且易于实现，所以循环码受到人们的高度重视，在 FEC 系统中得到了广泛应用。

1.2 循环码 333 数学特征

1.2.1. 线性分组码的封闭型

即如果 c_1, c_2 ，是与消息 m_1, m_2 对应的码字，则 c_1+c_2 必定是与 m_1+m_2 对应的码字。

1.2.2. 循环性

即任一许用码组经过循环移位后所得到的码组仍为该许用码组集合中的一个码组。以 3 号码组 (0010111) 为例，左移循环一位变成 6 号码组 (0101110)，依次左移一位构成的状态图如图 1-1 所示。

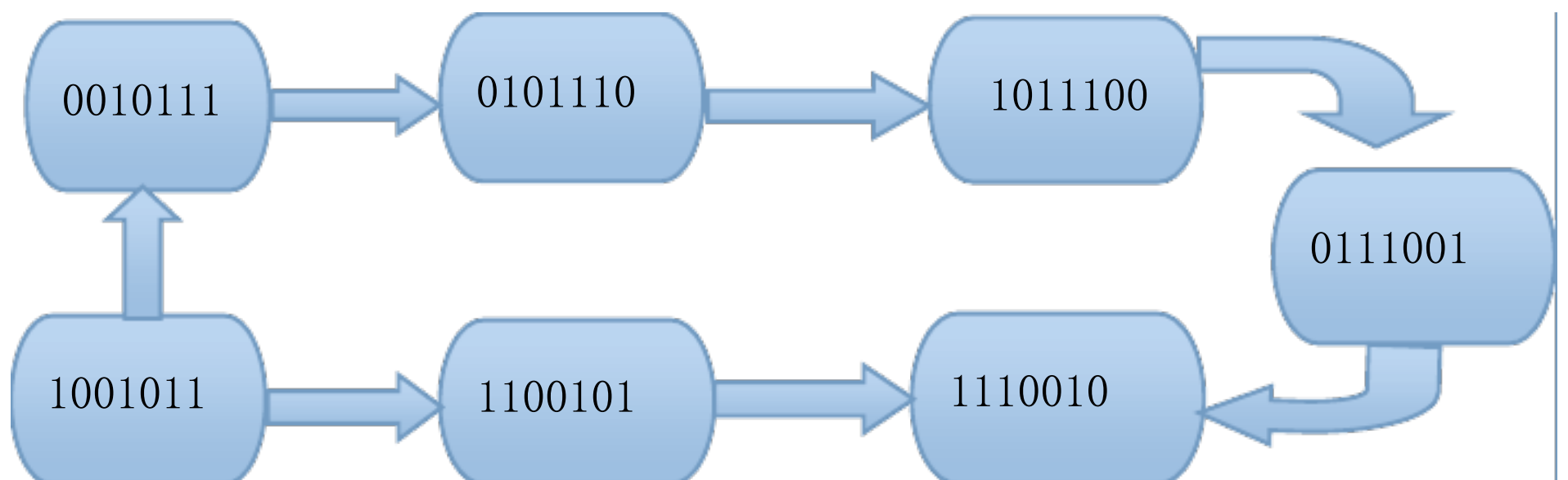


图 1-1 循环码中的循环圈

可见除全零码组外，不论循环右移或左移，移多少位，其结果均在该循环码组的集合中（全零码组自己构成独立的循环圈）。

1.3 循环冗余校验码 CRC

1.3.1 循环冗余校验码 CRC 的定义

循环冗余校验是常用的校验码，在早期的通信中运用广泛，因为早期的通信技术不够可靠

1.3.2 编码规则

CRC 码是由两部分组成，前部分是信息码，就是需要校验的信息，后部分是校验码，如果 CRC 码共长 n 个 bit，信息码长 k 个 bit，就称为 (n, k) 码。它的编码规则是：移位：将原信息码 (k bit) 左移 r 位 ($k+r=n$) 相除：运用一个生成多项式 $g(x)$ （也可看成二进制数）用模 2 除上面的式子，得到的余数就是校验码。非常简单，要说明的：模 2 除就是在除的过程中用模 2 加，模 2 加实际上就是我们熟悉的异或运算，就是加法不考虑进位，公式是： $0+0=1+1=0, 1+0=0+1=1$ 即‘异’则真，‘非异’则假。由此得到定理： $a+b+b=a$ 也就是‘模 2 减’和‘模 2 加’直值表完全相同。有了加减法就可以用来定义模 2 除法，于是就可以用生成多项式 $g(x)$ 生成 CRC 校验码。

生成多项式应满足以下原则：

- a、生成多项式的最高位和最低位必须为 1。
- b、当被传送信息（CRC 码）任何一位发生错误时，被生成多项式做模 2 除后应该使余数不为 0。
- c、不同位发生错误时，应该使余数不同。
- d、对余数继续做模 2 除，应使余数循环。

1.4 CRC 校验码的性质

可靠性：除了正好数据块的比特值是按除数值变化的错误外，循环冗余校验讲检测出其他所有错误，甚至对于上面所提到的四比特错误——这种情况放生的可能性仍然是很小的。而且，常用的 CRC 除数通常有 17 或是 33 比特，使得不可检测的错误可能降低到几乎近于零。

1.5 差错编码的基本概念

为了提高通信系统的水平，在数字通信系统中，在发送端对信源发送的二进制数字序列附加多余数字与信息数字建立某种相关性。在接收端对这组编码进行检测，若发现错误，则试图找出错误位置并纠正。由此可见，差错控制的原理在于增加冗余度使得原来的信息可以检测传输差错。

新加入的码元越多，冗余度越大，纠错能力越强，但效率会降低。对二进制

码而言，一个 n 位的二进制码的所有组合为 $N=2^n$ 种信息。

1.6 差错编码的基本原理

差错编码的核心是抗干扰编码，简称差错编码。它的基本思想是通过对信息序列进行某种变换，使得原来彼此独立，互不相干的信息码元列产生某种规律性，从而在接收端有可能根据这种规律性来检验，发现或纠正传输信号序列中的差错。变换的方法不同就构成了不同的差错编码，在系统中使用不同的差错编码方法就产生了不同的差错控制方法。

我们以重复编码来简单地阐述差错编码在相同的信噪比情况下为什么会获得更好的系统性能。假设我们发送的信息 0、1（等概率出现），现假设 $P_e=10^{-6}$ （即平均接收 1000 个中错一个）。如果我们将信息 0 编码成 00，信息 1 编码成 11，仍然采用上述系统，则在接收端可以作以下判断：如果发送的是 00，而收到的是 01 或 10，此时我们知道发生了差错，要求发送端重新传输，直到传送正确为止，只有当收到 11 时，我们才错误地认为当前发送的是 1。因此在这种情况下发生译码错误的概率是 $0.5P_e^2$ ；同理，如果发送的是 11，只有收到 00 时才可能发生错误译码，因此在这种情况下发生译码错误的概率也是 $0.5P_e^2$ 。所以采用 00、11 编码的系统比特误码率为 10^{-6} 。系统的性能将明显提高。

在上例中，将 0、1 采用 00000、11111 编码，在接收端我们用如下的译码方法，每收到 5 个比特译码一次，采用大数判决，即 5 个比特中 0 的个数大于 1 的个数则译码成 0，反之译码成 1；不采用 ARQ 方式。那么，我们看到这种编码方式就变成了纠错编码。

由于传输错误当接收端收到 11000，10100，10010，10001，01100，01010，01001，00110，00101，00011 中的任何一种时，都可以自动纠正成 00000。

如上所述，将信息码分组，并为每个组附加若干监督的编码，称为“分组码”。在分组码中，监督码元仅监督本码组中的信息码元。

分组码一般用符号 $(n), (k)$ 表示，其中 k 是每组码二进制信息码元的数目， n 是码组的总数目，又称码组的长度。 $r=n-k$ 为每个码组中的监督码元的数目，按此规定的分组码的结构形式如图 1-2 所示。

码长 $n=k+r$

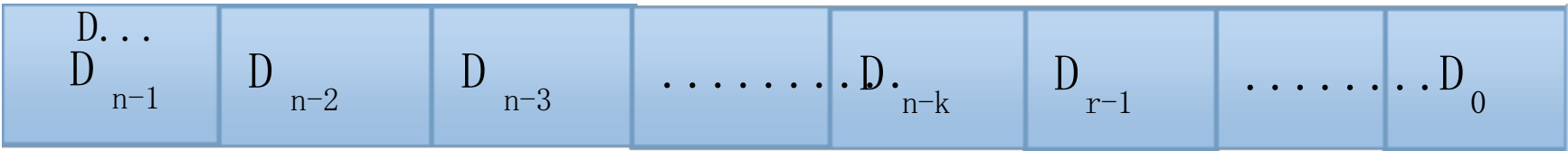


图 1-2 分组码结构

1.7 差错控制编码的方式

在差错控制系统中，差错控制的方式主要有三种：

1.7.1 前向纠错控制（FEC）方式

FEC 方式发送端首先根据需要进行编码，然后由发送端发送这种能纠错的码在接收端解码器根据码的冗余进行译码，并自动纠正的传输差错。系统框图如图 1-3 所示。

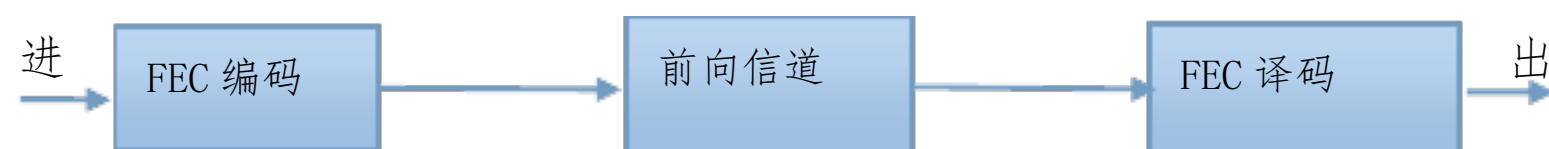


图 1-3 前向纠错方式

1.7.2 自动请求重发（ARQ）方式

发送端首先对发送序列进行差错编码，生成一个可以检测出错误的校验序列，然后连同数据一起发送出去。接收端根据校验序列的编码规则判断是否传错，并把判决结果通过反馈通道传回发送端。若无错，接收端确认接受，同时发送端缓冲器清除该序列。当出现差错时，接收端通过回送确认信号自动控制发送端原先帧的重发，直到接收端接受正确为止。系统框图如图1-4 所示。

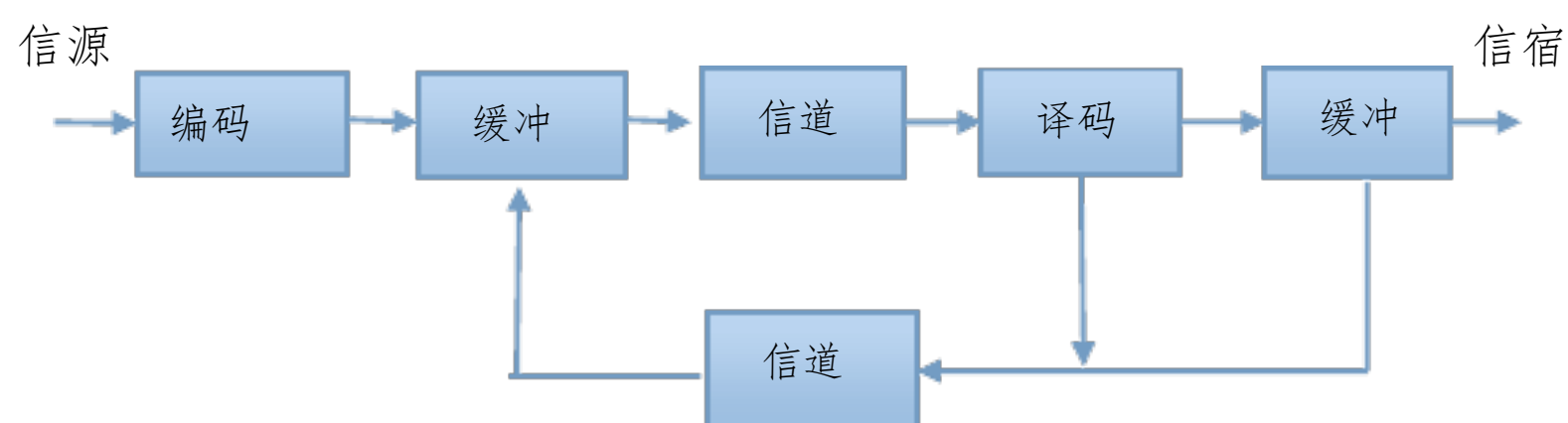


图 1-4 自动请求重发（ARQ）方式

1.7.3 混合纠错（HEC）方式

HEC 方式是 FEC 和 ARQ 方式的结合，发送端发送的码不仅能检测错误，而其能在一定程度上纠正错误，接收端译码器收到码组后，首先检查传输差错的情况，如果差错在码的纠错能力以内，则自动进行纠错，若错误超出纠错能力，但能检测出来，则通过反馈信道给发送端发送一个反馈信息，请求重发出错的信息。其系统框图如图 1-5 所示。

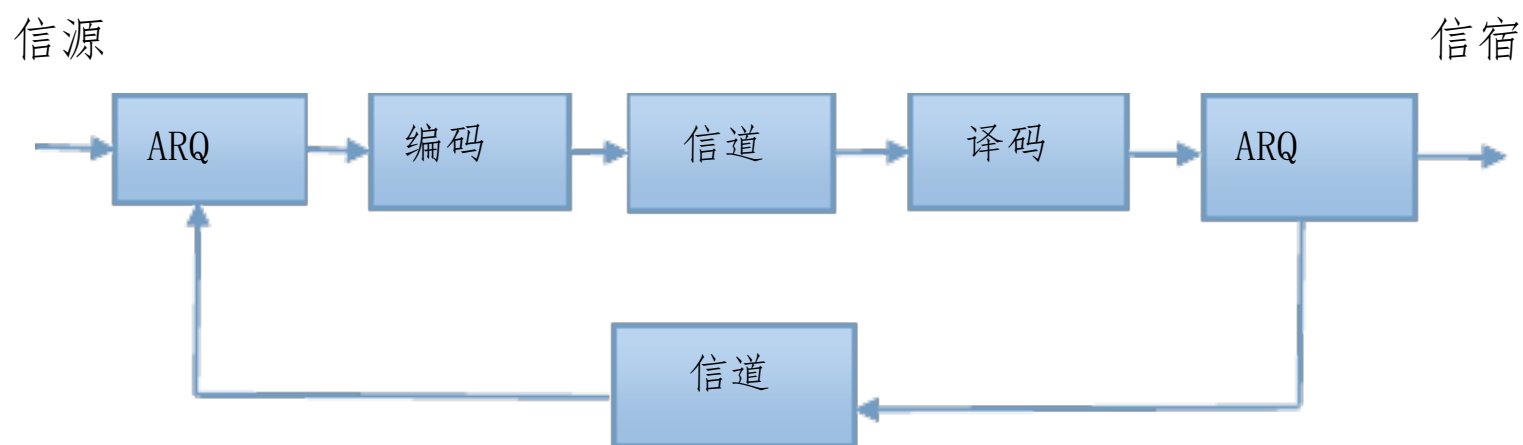


图 1-5 混合纠错方式

1.8 差错编码的特性和能力

1.8.1 海明距离

就是从一个顶点移动到另一个顶点所经历立方体的最少边数。

1.8.2 最小距离

所谓最小距离就是立方体中从一个顶点移到另一个顶点所经历的最少边数。

1.8.3 最小距离与抗干扰能力之间的关系

定理 1 若一种码的最小距离为 d_0 ，则它能检查传输错误个数（检错能力） e 应满足： $d_0 \geq e+1$

定理 2 若一种码的最小距离为 d_0 ，则它能纠正传输错误个数（纠错能力） t 应满足： $d_0 \geq 2t+1$

定理 3 若一种码的最小距离为 d_0 ，则它的检错能力和纠错能力应满足： $d_0 \geq e+t+1$ ($e \geq t$)

1.9 循环冗余校验码（CRC）原理

在计算机通信中用的最广泛检错码是一种漏检错率低得多也便于实现的循环冗余校验码，又称多项式码。这是因为，任何一个二进制数位串组成的代码都可以和一个只含有 0 和 1 的两个系数的多项式建立一一对应的关系。一个 k 位帧可以看成是从 X_{k-1} 到 X_0 的 k 次多项式的系数序列，这个多项式的阶数为 $k-1$ ，高位时 X_{k-1} 项的系数，下一位是 X_{k-2} 项的系数，以此类推。例如，1011011 有 7 位，表示成多项式是 $X_6+X_4+X_3+X+1$ 。

CRC 校验的思想是利用线性编码的理论，在发送端根据要传一个 n 比特的帧或报文，发送器生成一个 r 比特的序列。这样形成的帧将由 $(n+r)$ 比特组成。这个帧刚好能够被某个预先确定好的数整除。接收端用相同的数去除外来的帧，如果无余数，则认为无差错。

循环冗余校验码与奇偶校验码不同，后者是字符校验一次，而前者是字符串校验一次。在同步串行通信中，几乎都是用这种校验方法。

一个 n 位的循环码是由 k 位信息位加上 r 位校验位组成的，其中 $r=n-k$ 。如图 1-6 所示。

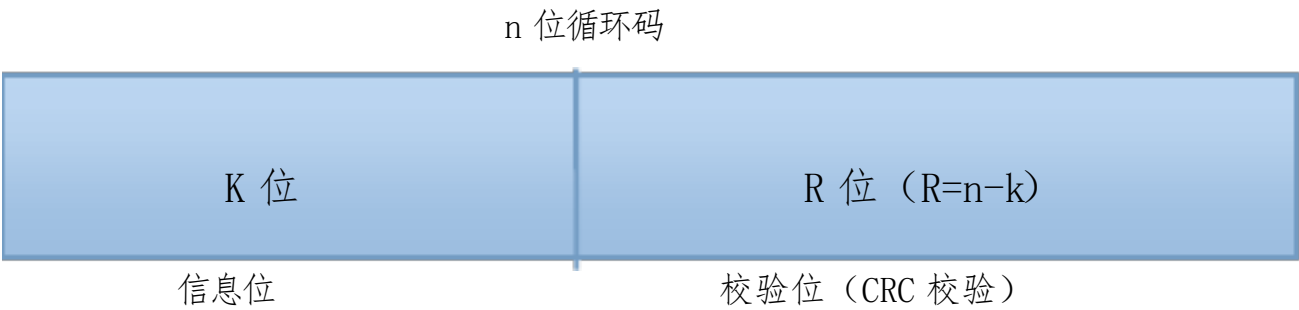


图 1-6 n 位循环码

通常把这样的新组成的二进制位序列叫做循环冗余码（CRC）。表征 CRC 码的多项式叫生成多项式。 K 位二进制数加上 r 位 CRC 码后，即信息位要向左移 $(n-r)$ 位，这相当于 $B(X)$ 乘以 X^r 被生成多项式除，得整数多项式加上余数多项式。

由以上分析可知，CRC 校验的关键是如何求出余数，此余数即为校验码（CRC 校验码）。以前通常用数字电路来实现，而现在用计算机来完成。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/875044130141011122>